Die

Kohlensäureausscheidung des Menschen

bei

verkleinerter Lungenoberfläche.

Inaugural-Dissertation

der

medicinischen Facultät der Ludwig-Maximilians-Universität

unter

dem Präsidium des Herrn Prof. Dr. C. v. Voit

vorgelegt von

Dr. Konrad Möller
aus Keitum.

München.
Druck von R. Oldenbourg.
1878.

Die

Kohlensäureausscheidung des Menschen

bei

verkleinerter Lungenoberfläche.

Inaugural-Dissertation

der

medicinischen Facultät der Ludwigs-Maximilians-Universität

unter

dem Präsidium des Herrn Prof. Dr. C. v. Voit

vorgelegt von

Dr. Konrad Möller
aus Keitum.

München.
Druck von R. Oldenbourg.
1878.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554608_0064

Bis vor wenigen Jahren hatte man allgemein die Anschauung, dass der Sauerstoff die nächste und directe Ursache der Stoffzersetzungen im Thierkörper wäre; man meinte, je mehr von diesem Gase der Lunge und dem Blute zugeführt werde, desto mehr verbrenne im Organismus. Man dachte sich daher die Grösse des Verbrauchs abhängig von der Zahl und Tiefe der Athemzüge, der Anzahl der Herzschläge, der Grösse der Lungenoberfläche. Die Athemzüge sollten die Verbrennung im Körper reguliren wie etwa die Bewegungen des Blasebalgs bei genügendem Kohlenvorrath die Gluth in der Esse. Alle Erscheinungen schienen mit dieser Annahme gut sich vereinigen zu lassen, so z. B. die intensiveren Athembewegungen und die reichlichere Kohlensäurebildung bei Körperanstrengung.

Wenn ich die früheren Vorstellungen richtig erfasse, so schloss man weiter, dass bei Erkrankungen der Lunge, durch welche die Fläche, an welcher Blut und Luft ihre Gase austauschen, verringert wird, eine kleinere Menge von Sauerstoff eintrete und deshalb weniger verbrannt werde. In Folge der geringeren Verbrennung liess man bei den genannten Krankheiten weniger Wärme erzeugt werden und weniger lebendige Kraft für die übrigen Leistungen zur Verfügung stehen; somit schien der Kräfteverfall solcher Kranken, welche wegen des verminderten Stoffverbrauchs auch weniger Nahrung aufzunehmen brauchen, einfach erklärt zu sein.

Man ist jetzt bekanntlich anderer Meinung über die Aufnahme und die Wirkung des Sauerstoffs im Körper geworden. Nicht mehr der Sauerstoff ist die erste Ursache der Zerstörung, sondern unter den noch unbekannten Bedingungen der Zellen zerfallen die complicirteren Verbindungen in einfachere, wobei in letztere allmählich Sauerstoff eintritt. Wird der Sauerstoff des Blutes durch die Gewebe nicht weggenommen, dann führen auch die grössten Athemanstrengungen nicht mehr Sauerstoff in das Blut. Die Athembewegungen sind secundäre Erscheinungen und von dem Grade der Zerstörung im Körper abhängig; sie besorgen nur die Ventilation der Organe, d. i. den Ersatz für den verbrauchten Sauerstoff und die Ausscheidung der Kohlensäure.

Sind diese Vorstellungen richtig, dann können jene vorher erwähnten Voraussetzungen bei den Veränderungen der Athemorgane nicht richtig sein. In der That tritt an keinem Beispiele die Verschiedenheit der Anschauungen und die Bedeutung der neueren Lehren so klar hervor als in den Respirationsverhältnissen bei Erkrankungen der Lunge.

Es sind bei Verkleinerung der den Gaswechsel besorgenden Lungenoberfläche drei Möglichkeiten des Ausgleiches denkbar.

1. Es könnte aus irgend einem Grunde bei solchen Veränderungen weniger Material im Körper zerfallen, so dass weniger Sauerstoff zur Oxydation nöthig ist und weniger Kohlensäure entsteht. Dies war, wie gesagt, die frühere Meinung, als man den Sauerstoff die Zersetzungen bedingen liess und sich vorstellte, bei Erkrankungen der Lunge müsse auch die Sauerstoffaufnahme beeinträchtigt werden. Es könnte aber, nicht wegen der geringeren Zufuhr des Sauerstoffs, sondern aus irgend einem anderen Grunde, in jenen Fällen die Zerstörung im Organismus herabgesetzt sein, wenn sich unter solchen Einflüssen die Bedingungen des Zerfalls in den Zellen ungünstiger gestalten. Es ist jedoch gleich zu bemerken, dass nach unseren jetzigen Erfahrungen über den Stoffverbrauch ein solcher hemmender Einfluss nicht wahrscheinlich ist; Fraenkel meint sogar im Gegentheil, dass die Behinderung in der Sauerstoffaufnahme einen grösseren Eiweisszerfall hervorruft.

2. Es könnte bei unveränderten Bedingungen der Umsetzung in den Zellen gleich viel Material wie normal in den Zerfall gezogen werden, aber es könnten wegen Mangel an Sauerstoff die nächsten Zerfalltrümmer nicht sämmtlich bis zu den letzten Ausscheidungsproducten: Wasser, Kohlensäure oder Harnstoff weiter oxydirt werden, so dass sauerstoffärmere Verbindungen zurückbleiben und ausgestossen werden. Dies ist der Fall bei der Zuckerharnruhr, wo aus noch unbekannter Ursache, jedoch nicht aus Mangel an Sauerstoff, der Zucker nicht weiter zerlegt wird, oder bei der Fettansammlung, in anämischen oder in mit Phosphor vergifteten Menschen, bei welcher das aus dem Darm aufgenommene sowie das aus dem Eiweiss entstandene Fett unzersetzt bleibt. Wir haben aber bis jetzt keine Kenntniss davon, dass sich solche Producte im Leibe oder in den Excreten Lungenkranker in reichlicher, Ausschlag gebender Menge vorfinden. Man beobachtet allerdings bei Phthysikern, wie bei geschwächten Individuen überhaupt, nicht selten Ansammlung von Fett in den Organen; ferner findet sich nach den Angaben von Frerichs und Staedeler[1]) bei gestörter Respiration Allantoin im Harn von Hunden, z. B. nach Einspritzung von Oel in die Lunge oder nach Chlorathmungen, aber nicht in dem Harn von Menschen bei Dyspnöe, Emphysem, Pneumonie. Jedoch scheinen die Mengen dieser Stoffe nicht gross genug zu sein, um einen Ausgleich zu ermöglichen.

3. Könnte bei solchen Krankheiten sowohl der Zerfall der Stoffe im Körper, als auch die Aufnahme von Sauerstoff und die Abgabe von Kohlensäure wie in normalem Zustande sich verhalten, nämlich dann, wenn durch besondere Veranstaltungen trotz der Verminderung der Lungenoberfläche ein genügender Gasaustausch ermöglicht ist. Im letzteren Falle wäre also die Menge des verzehrten Sauerstoffs und der ausgeschiedenen Kohlensäure nicht anders wie bei Gesunden unter sonst gleichen Verhältnissen, in den beiden ersten Fällen müsste eine ansehnliche Verminderung der beiden Gase gefunden werden.

---

1) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1854 S. 393.

Ich war nach einigen anderen Erfahrungen, auf die ich noch zurückkommen werde, von vornherein geneigt, die letztere der drei Annahmen für die wahrscheinlichste zu halten. Da jedoch unsere Schlussfolgerungen auf einem so schwierigen Gebiete wie dem der Lebenserscheinungen, auch wenn sie uns noch so sicher dünken, der Prüfung durch den Versuch bedürfen, so habe ich unter der Leitung von Prof. Voit im Sommer 1877 mittelst des Pettenkofer'schen Respirationsapparates eine Anzahl von Bestimmungen der Kohlensäureausscheidung an Menschen gemacht, welche in Folge pathologischer Veränderungen eine Verkleinerung der athmenden Lungenoberfläche zeigten.

Es liegen nämlich bis jetzt nur sehr wenige brauchbare Versuche über den Gaswechsel bei solchen Störungen am Menschen vor. An Thieren sind sie nicht wohl zu machen, da Erkrankungen der Art bei ihnen seltener sind und plötzlich wirkende Eingriffe viel heftigere Erscheinungen veranlassen als allmählich sich entwickelnde Veränderungen, wie sie beim Menschen sich finden und an welche eine Anpassung stattfinden kann.

Beim kranken Menschen sind genaue Versuche über die Grösse der Sauerstoffaufnahme und der Kohlensäureabgabe mit Schwierigkeiten verbunden. Versuche, welche kurze Zeit währen, geben keine sicheren Aufschlüsse; die meisten derselben sind aber bisher mit Apparaten angestellt worden, welche nur eine Bestimmung von einigen Minuten zulassen. Man benutzte gewöhnlich ein Mundstück, mittelst dessen man durch einen die Athembewegungen häufig erschwerenden und die Rhythmik derselben stark beeinflussenden Ventilapparat athmete. Dann war man nicht darauf bedacht, die Anordnung in der Art zu treffen, dass vergleichbare Resultate erhalten werden können. Es sind demnach für die Untersuchung des Gaswechsels beim Menschen nur solche Apparate zu gebrauchen, welche ein ganz freies und ungestörtes Athmen gestatten und eine längere Beobachtung zulassen. Diese Anforderungen erfüllt nur der von Scharling[1]) angewandte Kasten und der Pettenkofersche Respirationsapparat.

---

1) Annal. d. Chemie u. Pharm. 1843 Bd. XLV S. 214.

Vor langer Zeit hat Nysten[1]) bei kranken Menschen Bestimmungen der Kohlensäureausscheidung gemacht. Er liess während 30 Secunden durch Ventile in eine Blase athmen; die Menge und Zusammensetzung der Luft wurde ermittelt, letztere durch Absorption mit Kalkwasser und Phosphor in einer graduirten Glasröhre. Nysten meint aus seinen Bestimmungen schliessen zu dürfen, dass bei erschwerten Athembewegungen, bei Pneumonie und Schwindsucht, bis zu einem gewissen Grade weniger Kohlensäure aus den Lungen austritt wie im gesunden Zustande; in der Schwindsucht schien sich jedoch bei einigen Versuchen, wenn nicht das Athmen bedeutend erschwert war, die Menge der Kohlensäure wenig von der normalen zu entfernen.

Die ersten brauchbaren Versuche rühren von Ad. Hannover[2]) her, welcher mit Scharling's Kastenapparat Beobachtungen der Kohlensäureausscheidung an kranken Menschen und darunter auch an einigen Lungenleidenden angestellt hat. Die Versuchsdauer betrug etwa 1 Stunde, die Versuchszeit fiel zwischen 10 und 1 Uhr vor der Mittagsmahlzeit. Da die Resultate von grossem Interesse sind, so führe ich sie hier auf:

Geschlecht	Alter	Körpergewicht in kg	Krankheit	Kohlenstoff in 1 Stunde	Kohlenstoff auf 1 kg Körpergewicht in 1 Stde.	
Mädchen	15	40,0	Chlorosis	7,27	0,18175	
Mädchen	16	44,5	Chlorosis	7,37	0,16562	0,157
Mädchen	18	41,5	Chlorosis	6,61	0,15928	
Mädchen	22	62,5	Chlorosis	7,68	0,12288	
Mann	32	49,5	Phthysis	8,06	0,16283	
Mann	41	40,5	Phthysis	4,57	0,11284	
Mann	43	61,5	Phthysis	5,07	0,09870	0,125
Frau	28	46,5	Phthysis	5,76	0,12387	
Frau	44	48,0	Phthysis	6,09	0,12683	
Mann	34	70,5	chron. Bronchitis	10,19	0,14454	0,150
Mann	42	54,0	chron. Bronchitis	8,38	0,15519	
Mann	32	66,5	Ikterus	8,51	0,12797	0,145
Frau	42	52,0	Ikterus	8,40	0,16154	
Mann	17	48,0	Herzkrankheit	7,10	0,14792	
Mann	49	61,5	Bright'sche Krankht.	8,76	0,14244	
Mann	49	55,5	Steinkrankheit	5,32	0,09586	
Mann	16	57,8	gesund	9,33	0,16147	
Mann	28	82,0	gesund	9,99	0,12180	0,137
Mann	35	65,5	gesund	9,14	0,13960	
Frau	19	55,8	gesund	6,86	0,12305	

1) Exper. de chim. et de physiol. pathol. Paris 1811 p. 186, in Meckel's deutsch. Arch. f. d. Physiol. 1817 Bd. III S. 264.

2) De quantitate relativa et absoluta acidi carbonici ab homine sano et aegroto exhalati. Hauniae 1845.

Aus diesen Zahlen geht hervor, dass die absolute Kohlensäureausscheidung bei den Gesunden allerdings meist grösser ist als bei den Kranken, welche letztere aber in diesen Fällen gewöhnlich ein geringeres Körpergewicht besitzen. Nach den Schlussfolgerungen Hannover's ist, wenn man auf die Einheit des Körpergewichtes reducirt, die mittlere Menge der Kohlensäure bei chlorotischen Mädchen nicht geringer als normal, sondern sogar etwas grösser; bei chronischer Bronchitis ist dieselbe wie beim Gesunden, und nur bei Phthysikern sinkt sie etwa unter die normale Grösse herab.

Später sind von Paul Hervier und Saint Sager[1]) Untersuchungen über die Kohlensäureausscheidung bei Kranken ausgeführt worden. Sie bedienten sich des ganz ungenügenden Verfahrens von W. Prout[2]), bei dem man durch die Nase ein- und durch den Mund in eine Blase ausathmet, deren Kohlensäure dann durch Kalilauge weggenommen wird, und fanden dadurch bei Krankheiten der Lunge z. B. in der Phthysis weniger Kohlensäure, dagegen mehr bei allen Entzündungen mit Ausnahme derjenigen Erkrankungen, welche die Respiration und Circulation beeinträchtigen, z. B. bei Pneumonie, Pleuritis, Endokarditis.

In neuerer Zeit ist von Leyden[3]) nach Lossen's Methode die Respiration bei Krankheiten in fieberhafter und fieberloser Zeit verglichen worden und darunter auch einem Falle von Pneumonie. Dieser Fall ist für meine Zwecke wenig verwerthbar, da ein Versuch nur 15 Minuten währte und ein Vergleich mit dem normalen Zustande nur schwer möglich ist.

Endlich hat G. Wertheim[4]) den Lungengasaustausch bei einigen Krankheiten einer Prüfung unterworfen. Er erhält das Volum der Exspirationsluft, indem er während 2 Minuten durch einen Ventilapparat in einem luftleeren grossen Kautschucksack athmet und dann in dieser Luft den Procentgehalt an Sauerstoff und Kohlensäure nach den Methoden von Bunsen und Pettenkofer ermittelt. Unter den Erkrankten befanden sich auch solche mit Pneumonie, Pleuritis und Tuberkulose. Es lässt sich jedoch

1) Comptes rendus de l'Acad. des Sciences 1849 T. LVIII p. 260.
2) Annals of philos. T. II p. 328.
3) Deutsch. Arch. f. klin. Med. 1870 Bd. VII S. 536.
4) Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. XV S. 173.

bei der kurzen Beobachtungszeit von 2 Minuten nicht entscheiden, ob bei diesen Erkrankungen die absolute Kohlensäureausscheidung von der normalen abweicht oder nicht.

Da also nur die Versuche von Hannover der Art sind, um Anhaltspunkte zur Beantwortung der mir gestellten Frage zu bieten, so hielt ich es für wichtig, durch genaue Versuche zu prüfen, wie die Abgabe der Kohlensäure bei nicht fiebernden Kranken sich gestaltet, bei denen der normale Gasaustausch in den Lungen gestört ist.

Zu den Versuchen dienten Männer, drei mit pleuritischem Exsudat, einer mit Emphysem und drei mit Phthysis, welche uns durch Herrn Director v. Ziemssen aus dem Krankenhause gütigst zur Verfügung gestellt wurden. Dieselben kamen, nachdem sie vorher Vormittags 11 Uhr ihre Hauptmahlzeit verzehrt hatten, in den Pettenkofer'schen Apparat. Sie erhielten die gewöhnliche Kost des Krankenhauses, deren Zusammensetzung durch die Prüfung von Dr. Fr. Renk[1]) bekannt ist. Der Versuch begann gegen 12 Uhr Mittags und währte 6 Stunden lang. Die Leute lagen während dieser Zeit in einem Bett, das am Boden des Kastens ausgebreitet war, und blieben darin in wachendem Zustande mit leichter Lektüre beschäftiget.

Ich stelle die Resultate der an den Kranken gemachten Beobachtungen und Untersuchungen in nebenstehender Tabelle übersichtlich zusammen.

Die Quantitäten der in 6 Stunden gelieferten Kohlensäure sind ziemlich verschieden; sie schwanken zwischen 145 und 278^{g} hin und her. Man kann nicht sagen, dass von den Gesunden in allen Fällen wesentlich mehr Kohlensäure producirt wird als von den Kranken. Es ist selbstverständlich, dass man bei diesen in dem Gewichte und dem Zustande ihres Leibes so sehr verschiedenen Menschen die sechsstündigen Kohlensäuremengen nicht mit einander in Vergleich setzen darf; denn der Hauptgrund der Differenzen ist offenbar die zwischen 44 und 74^{kg} schwankende ungleiche Körpermasse.

Es bleibt vorläufig nichts Anderes übrig, als die Kohlensäureausscheidung auf gleiches Körpergewicht zu berechnen. Ein ge-

1) Voit, Untersuchung der Kost in einigen öffentlichen Anstalten 1877 S. 66.

	Pleuritisches Exsudat		Pleuritis (genesend)	Emphysem	Lungenschwindsucht			Gesunde		
	Aigner [1]	Daffner	Zirngiebl [2]	Rotheigner	Filser [3]	Wiemann	Mayer [4]	Daffner	J. E.	M. M.
Versuchsdatum	5. Juni	7. Juni	12. Juni	15. Juni	18. Juni	27. Juni	28. Juni	8. Juli	—	—
Alter	25	44	26	63	24	48	38	44	36	28
Körpergewicht in kg	58,0	66,5	74,5	71,2	44,5	45,0	44,0	68,8	52,5	70,0
Beschäftigung	Blumenarbeiter	Gärtner	Bräuknecht	früh. Bräuknecht	Schuster	Spängler	Blumenmacher	Gärtner	Schneider	Uhrmacher
Wuchs	klein, schmächtig	mittelgross, breit	gross, schlank	zieml. gross sehr breit	lang, zart	mittel	sehr lang, schlank	mittelgross, breit	klein, schmächtig	mittel
Musculatur	mittel	mittel	ausgezeichnet	gut entwickelt	sehr gering	mittel	gering	mittel	mittel	kräftig
Fettpolster	gering	gut	sehr spärlich	wohlbeleibt	sehr mager	mager	mager	gut	schlecht genährt	gut
Kost	ganze Kost $^1/_4$ l Bier	$^3/_4$ Kost $^1/_2$ l Bier	$^1/_2$ Kost $^1/_4$ l Bier	$^3/_4$ Kost $^1/_4$ l Bier	ganze Kost mit Mehlspeise $^1/_4$ l B.	$^3/_4$ Kost $^3/_4$ l Bier	ganze Kost	gemischte Kost, 1 l Bier	reichliche Kost	reichliche Kost
Athemzüge in 1 Min.	31	25	23	28	32	23	25	—	—	—
Pulse in 1 Min.	100	100	88	84	120	90	98	—	—	—
g Kohlensäure in 6 Stdn.	185	192	278	192	145	165	146	201	198	266
g Kohlensäure auf 1 kg in 6 Stunden	3,19	2,89	3,73	2,70	3,26	3,67	3,32	2,92	3,77	3,81
g Kohlenstoff auf 1 kg in 1 Stunde	0,145	0,131	0,169	0,123	0,148	0,167	0,151	0,133	0,171	0,173

1) Grosses linkseitiges Exsudat; 1200 ccm Vitalcapacität. Schon einmal punktirt, aber wieder rechts voll Exsudat bis zur zweiten Rippe. — 2) Von fieberhafter Pleuritis fast genesen, aber mit beginnender Lungenschwindsucht. — 3) Gestorben den 26. Juli. — 4) Pleura adhärent.

naues Resultat liefert die Reduction der Zerfallproducte auf 1 kg Körpergewicht nicht, da, wie namentlich Prof. Voit dargethan hat, das letztere eine sehr verschiedene Zusammensetzung besitzen kann und ferner in einem gleichen Gewicht Organ desselben Organismus je nach den Umständen die Zersetzungen in Qualität und Quantität ganz ausserordentlich differiren. Bei einem abgemagerten Kranken treffen z. B. auf 1 kg Körpergewicht mehr Knochen und weniger von den übrigen, reichlicher Kohlensäure liefernden Organen; oder es zeigen sich bei demselben Körper je nach der Nahrungszufuhr und der Arbeit die grössten Schwankungen in der Kohlensäureausscheidung.

Ueberblickt man die Mengen der Kohlensäure, welche 1 kg Körper in 6 Stunden liefert, oder die Mengen des Kohlenstoffes von 1 kg in 1 Stunde, so sind diese nicht sehr von einander verschieden. Die Zahlen sind im Allgemeinen mit denen von Hannover gut übereinstimmend. Es kommen aber doch gewisse Differenzen vor, welche man so deuten könnte, wie Hannover die von ihm gefundenen, dass die Phthysiker oder Lungenkranken weniger Kohlensäure liefern, weil sie, wie er meint, weniger Sauerstoff zur Verfügung haben. Wir müssen daher die Zahlen einer näheren Betrachtung unterziehen.

In meiner Tabelle sind zum Vergleiche drei Kohlensäurebestimmungen an gesunden Personen angegeben. Die Zahl für Daffner ist von mir erhalten worden, nachdem derselbe von der Pleuritis sich ganz erholt hatte: dieselbe ist von besonderer Bedeutung und soll nachher verwerthet werden. Die beiden anderen Zahlen sind Mittelwerthe aus den Untersuchungen von Pettenkofer und Voit[1]); es wurden nicht die Zahlen von Tag und Nacht genommen, sondern die von den 12 Tagesstunden, an denen die beiden Männer eine sehr reichliche gemischte Kost verzehrten, welche viel opulenter war als die halbe oder ganze Kost des Spitals. Dies ist auch der eine Grund, warum die beiden Gesunden J. E. und M. M. etwas höhere Werthe der Kohlensäure geben als die Kranken. Wählt man bei dem Gesunden M. M. einen Tag aus,

1) Diese Zeitschrift 1866 Bd. II S. 546.

an dem er eine der Krankendiät sich annähernde Kost erhielt, nämlich bei dem Versuche Nr. 14, wo er in 6 Stunden 240^{g} Kohlensäure abgab, so treffen auf 1^{kg} Körpergewicht nur 3,42^{g} Kohlensäure; am ersten Hungertage lieferte der kräftige Mann nur 2,87^{g} Kohlensäure.

Aber es kommt noch ein anderes Moment in Betracht, nämlich die verschiedene Zusammensetzung des Körpers. Bei den Pleuritikern habe ich im Verhältniss zum Körpergewichte eine geringere Kohlensäureausscheidung gefunden als bei den Phthysikern; die letzteren sind durch die längere Krankheit mehr heruntergekommen und besitzen ein wesentlich geringeres Gewicht. Eine kleinere Körpermasse zersetzt aber nach vielfachen Erfahrungen relativ mehr, in unserem Falle schon deshalb, weil die Nahrung des Gesammtkörpers bei den grösseren und kleineren Menschen nahezu dieselbe blieb, wodurch der den Zerfall beeinträchtigende Einfluss der verhältnissmässig grösseren Knochenmenge im herabgekommenen Organismus übercompensirt wird. Der Pleuritis-Reconvalescent Zirngiebl wurde untersucht als ähnlich Erkrankter, denn er hatte ausser einem Reste des pleuritischen Exsudates eine Verdichtung der Lungenspitzen ohne beträchtliches Athemhinderniss und er verzehrte noch die Krankenkost; Abends zeigte er eine leichte Fieberbewegung durch die Temperatursteigerung auf 38,5° C. Zirngiebl schied nun unter den Kranken absolut und relativ am meisten Kohlensäure aus, er war aber auch weitaus am schwersten, ohne fett zu sein, und besass die grösste Organmasse, welche ausser der Nahrungszufuhr und der Arbeit von dem wesentlichsten Einflusse auf den Verbrauch im Körper ist. Der Emphysematiker Rotheigner zeigt den niedrigsten relativen Werth der Kohlensäure, was sich daraus erklärt, dass derselbe sehr fettleibig war, also ein ansehnlicher Theil seines Leibes aus dem den Zerfall hemmenden Fett bestand, und dass er wesentlich älter war als alle anderen von mir in Untersuchung gezogenen Männer.

Es scheint aus diesen Betrachtungen hervorzugehen, dass die etwas niedrigeren Zahlen der Kohlensäureausscheidung bei meinen Kranken nicht direct durch die Erkrankung der Lunge oder durch die geringere Sauerstoffaufnahme bedingt sind, sondern dass andere

Kranke mit gesunder Lunge oder auch Gesunde, deren Körper ähnlich beschaffen ist und welche die gleiche Kost geniessen, die nämlichen Kohlensäuremengen ausscheiden und also den gleichen Stoffzerfall zeigen werden.

Dass diese Auffassung richtig ist, wird durch den für uns besonders wichtigen Fall des Daffner mit Sicherheit bewiesen. Derselbe hatte nämlich bei seinem ersten Verweilen im Respirationsapparate das hochgradigste pleuritische Exsudat; er genas aber nach zweimaliger Punktion sehr schnell so weit, dass er aus dem Spitale als geheilt entlassen wurde und ich ihn im gesunden Zustande, nachdem er schon einige Zeit seiner Arbeit als Gärtner nachgegangen war, abermals untersuchen konnte.

Der erste Versuch fiel auf den 7. Juni. Daffner hatte damals seit 14 Tagen starke Athembeschwerden ohne besondere Schmerzen gehabt, dabei heftigen Husten mit Auswurf, so dass er das Bett hüten musste. Die Athmung geschah mit Hilfe der Musculi scaleni und sternocleidomastoidei. Zahl der Athemzüge in der Minute 26, der Pulsschläge 100. Die Gesichtsfarbe war fahl und livid, die Stirne feucht. Bei der Untersuchung der Brust zeigte sich die rechte Thoraxhälfte um 1 cm umfangreicher als die linke, mit verstrichenen Intercostalräumen; leerer Schall bis an den linken Sternalrand. Herzspitze in der linken Mamillarlinie, rechter Leberlappen bei der Exspiration unter dem Rippenbogen hervortretend. Rechts hinten zwischen Schulterblatt und Dornfortsätzen gedämpfter tympanitischer Schall, bronchiales Athmen, deutliche Bronchophonie und Vocalfremitus. Die linke Seite zeigte sich dagegen ganz normal. Am Tage des Respirationsversuches (am 7. Juni) hatte der Kranke die Dreiviertelkost des Krankenhauses ohne Gemüse erhalten; Morgens bekam er als Frühstück Kaffee mit 1 Semmel. Mittags 11 Uhr Kräutersuppe, mageres Rindfleisch, 1 Semmel und ¼ l Bier.

Einen Monat darnach, am 8. Juli, kam der Mann in voller Reconvalescenz zum zweiten Male in den Respirationsapparat. Er war seit 14 Tagen in Arbeit, hatte keine Athembeschwerden mehr, keinen Husten, nur zuweilen ganz geringe Schmerzen in der Brust. Athmung in reinem Abdominaltypus: Thorax ungemein starr, daher

die Brust nur wenig, aber auf beiden Seiten gleichmässig sich hebend. Anzahl der Respirationen in der Minute 19, der Pulse 74. Die rechte Thoraxhälfte ist um 1 cm enger als die linke, die linke Schulter steht etwas höher, der linke Oberarm hat einen um 1 cm grösseren Umfang als der rechte. Die Percussion vorn ist auf beiden Seiten normal, der Lungenschall an der Lebergrenze bei tiefer Inspiration um 1,5 cm weiter abwärts gehend. Hinten rechts unten ein etwas gedämpftes Gebiet bis zum unteren Winkel der Scapula; darüber hie und da ein schlüpfriges Reiben zu hören. Athemgeräusch aufgehoben, Bronchophonie und Vocalfremitus abgeschwächt. Sonst überall normale Erscheinungen.

Um am 2. Versuchstage möglichst ähnliche Ernährungsverhältnisse zu haben wie am ersten, erinnerte ich den Mann, daran, was er als Kranker gegessen hatte, und trug ihm auf, vor dem zweiten Versuche, welcher ebenfalls zwischen 12 und 6 Uhr angestellt wurde, möglichst das Gleiche zu verzehren. Dies hat er auch gewissenhaft gethan, nur trank er als Gesunder ein Glas Bier mehr. Er nahm nämlich am 8. Juli früh Morgens Milchsuppe, um 9 Uhr Vormittags Kaffee mit 1 Semmel, und um 11 Uhr sein Mittagessen, bestehend aus einer Portion Kalbsbraten mit grünem Salat, Semmel und 1 l Bier.

Das Resultat der beiden Respirationsversuche war nun Folgendes:

	krank	gesund
Körpergewicht	66,5	68,8
Kohlensäure in 6 Stunden	192	201
Kohlensäure in 6 Stunden auf 1 kg Körpergewicht .	2,89	2,92

Die Kohlensäureausscheidung des Mannes ist demnach unter gleichen Umständen, bei gleicher Nahrungszufuhr und gleichem Grad der Thätigkeit, während hochgradiger Athemnoth nicht erheblich geringer wie bei freier, normaler Athmung.

Aus der absolut und relativ kleineren Quantität der Kohlensäure bei dem gesunden Daffner im Vergleiche mit der des gesunden Mannes M. M. geht auch hervor, dass die reichlichere Kost des Letzteren wirklich das Auftreten der grösseren Kohlensäuremenge bedingte und dass Daffner als gesunder, kräftiger Arbeiter am Versuchstage weniger gegessen hat als zu seiner Erhaltung nöthig war.

Ich schliesse daher, dass bei Erkrankungen und Veränderungen der Lunge unter sonst gleichen Verhältnissen die nämliche Menge von Kohlensäure im Körper gebildet wird als im gesunden Zustande, und wie man weiter annehmen darf, dass dabei auch die Sauerstoffaufnahme von der normalen nicht verschieden ist.

Von den im Eingange dieser Abhandlung aufgestellten drei Möglichkeiten fallen also die beiden ersten durch meine Versuchsergebnisse weg, nämlich die eines geringeren Zerfalls und einer geringeren Kohlensäurebildung im Körper oder die der Ausscheidung von nicht bis zu Kohlensäure oxydirten Verbindungen im Harn oder Koth bei unveränderter Stoffzersetzung, und bleibt nur die dritte und letzte übrig. Nach dieser ist der Umsatz, sowie die Aufnahme des Sauerstoffs und die Erzeugung der Kohlensäure ganz wie normal, aber es sind Einrichtungen vorhanden, welche trotz der verminderten Lungenoberfläche den Gasaustausch doch in genügender Weise vermitteln, also dasjenige wieder einbringen, was durch die Veränderung der Lungen eingebüsst wird. Bei den Pleuritikern war durch das starke Exsudat die eine Lunge fast ganz vom Athmen ausgeschlossen und die andere musste dafür thätig sein; bei den Emphysematikern trat mit jedem Athemzug weniger Luft ein und aus wie normal; bei den Phthysikern endlich war ein grosser Theil des Lungengewebes verödet.

Innerhalb weiter Grenzen hat also die Lunge die Fähigkeit, den gleichen Ventilationseffect zu erreichen, wenn auch ihre Oberfläche für den Gasaustausch verringert ist wie bei Pleuritis und Phthysis, oder wenn ein geringeres Luftvolum mit jedem Athemzug gewechselt werden kann wie bei dem Emphysem.

In beiden Fällen wird der Ventilationseffect der gleiche wie normal bleiben, wenn häufigere und tiefere Athemzüge gemacht werden als im gesunden Zustande. Ohne Aenderung im Athemrhythmus würde sich, wenn weiter keine Compensation gegeben wäre, bei jenen Erkrankungen die Kohlensäure im Blute ansammeln und der Sauerstoff in grösserer Menge aus dem Blute von den Geweben weggenommen werden; die venöse Beschaffenheit des Blutes bewirkt dann durch den Einfluss auf das verlängerte Mark die Aenderung in der Frequenz und Tiefe der Athembewegungen.

Dem vermehrten Gasaustausche durch einen anderen Athemrhythmus ist jedoch eine Grenze gesetzt. Durch häufigere und durch tiefere Athembewegungen kann allerdings in der gleichen Zeit ansehnlich mehr Kohlensäure abgegeben werden. Aber bei sehr zahlreichen Athemzügen nimmt, wie Lossen's[1]) Versuche gezeigt haben, die Tiefe derselben immer mehr ab, da die Zeit für Aufnahme eines grösseren Luftvolums nicht gegeben ist; in gleicher Weise verringert sich bei recht tiefen Athemzügen die Zahl derselben. Bei einer bestimmten Frequenz der Athemzüge bewegt sich also ihre Tiefe in ziemlich engen Grenzen, ebenso bei bestimmter Tiefe ihre Frequenz.

Denken wir uns vorläufig die Circulationsverhältnisse in der Lunge nicht geändert d. h. die nämliche Menge von Blut durch die kranken Lungen getrieben wie durch die gesunden, dann wird trotz der Veränderung des Organes durch häufiges und entsprechend tiefes Athmen die Ventilation des Körpers besorgt werden können. In der That machen die Lungenkranken mehr Athemzüge und war dies auch bei meinen Kranken durchgängig der Fall.

Die Erkrankungen der Lunge verändern aber auch die Kreislaufsverhältnisse des Blutes in derselben. Eine durch Phthysis verödete Lunge, die stark ausgedehnte Lunge des Emphysematikers, die eine Lunge des Pleuritikers würde, wenn nicht besondere Anpassungen auftreten, weniger Blut fassen, d. h. es würde ein geringerer Bruchtheil des Gesammtblutes in der gleichen Zeit in sie getrieben. Dies könnte wieder zur Folge haben, dass sich Kohlensäure im Blute anfstaut und dass weniger Sauerstoff darin sich befindet; durch die grössere Kohlensäurespannung im Blute und durch die grössere Differenz im Sauerstoffgehalt der Lungenluft und des Blutes würde dann die Diffusion der Gase beschleuniget sein, so dass bei gleichzeitiger Vermehrung der Zahl und Tiefe der Athemzüge doch das Blut seine gehörige Ventilation empfinge.

Es finden jedoch allerlei Anpassungen statt, welche es ermöglichen, dass durch die erkrankte Lunge in gleicher Zeit nicht weniger Blut strömt als durch eine gesunde.

1) Diese Zeitschrift 1866 Bd. II S. 244.

Zunächst vermag der Gasaustausch trotz der geringeren Blutmenge in der Lunge dadurch sich zu vergrössern, dass in der Zeiteinheit öfters Blut eingepumpt wird, also bei zahlreicheren Herzschlägen; dass eine beträchtliche Vermehrung in der Zahl derselben bei Lungenkrankheiten sich zeigt, ist bekannt und auch bei den von mir untersuchten Männern constatirt. Wird dabei mit jeder Systole das normale Blutquantum entleert, dann kann in der gleichen Zeit durch die verkleinerte Gefässbahn die normale Blutmenge strömen. Das gleiche ist der Fall, wenn das Herz sich ausdehnt und bei unveränderter Zahl der Schläge mit jedem derselben mehr Blut in die Lunge treibt. Beide Male muss, wenn bei den Lungenkrankheiten die gleiche Blutmenge auf einen geringeren Gefässquerschnitt sich vertheilt und das Gefässlumen nicht erweitert ist, die Strömung des Blutes in den Blutgefässen eine ungleich geschwindere sein. Ist nun die Zeit gegeben, dass dieses Blut trotz der geringeren Oberfläche mit der Lungenluft genügend in Wechselwirkung tritt, dann wird durch eine Lunge eben so viel Kohlensäure abgegeben und Sauerstoff aufgenommen als sonst durch beide. Auch hier müsste durch zahlreichere und tiefere Athemzüge in die defecten Lungen das normale Luftvolum eingeführt werden, oder die Ausathemluft procentig mehr Kohlensäure und weniger Sauerstoff enthalten.

Ausserdem und vor Allem kommt hier noch in Betracht, dass nach und nach die Gefässe des gesunden Theiles der Lunge sich ausdehnen und mehr Blut als normal fassen. So ist es z. B. nach einer mündlichen Mittheilung von Herrn Prof. v. Buhl der Fall bei Verödung der einen Lunge nach einem pleuritischen Erguss. Dadurch wird die Strombahn der einen Lunge so weit wie sonst die Bahn beider Lungen, und die Zahl der Herzschläge sowie die erhöhte Geschwindigkeit des Blutstroms kann wieder abnehmen. Fände keine Ausdehnung der Gefässe statt, dann müsste mit jeder Systole des rechten Herzens, der Widerstände in den Gefässen des gesunden Lungentheils halber, viel weniger Blut ausgepresst werden als normal.

Durch alle diese Umstände ist es also möglich gemacht, dass bei gleicher Kohlensäureerzeugung wie normal trotz der Verringe-

rung der Athemfläche doch die Kohlensäure abgegeben und eben so viel Sauerstoff eingenommen wird wie bei grösserer Athemfläche. Die Ausgleichung geht selbstverständlich nur bis zu einer gewissen Grenze; dieselbe ist erreicht, wenn die Oberfläche des noch gesunden Lungentheils und damit die durchtretende Blutmenge zu gering wird, so dass auch die zum Maximum gesteigerte Frequenz der Herzschläge und der Athemzüge keinen Erfolg mehr hat.

In Folge dieser allmählich eintretenden Anpassungen zeigen die Phthysiker auch selbst bei grossen Zerstörungen der Lunge häufig keine dispnöetischen Erscheinungen; dieselben finden sich aber bei raschem Wachsen eines pleuritischen Exsudates, plötzlich eintretendem Pneumothorax, an welche sich jedoch der Körper wenn mit der Zeit die Ausgleichungen sich eingerichtet haben, gewöhnen kann. Schliesslich ist das Maximum des Hindernisses für den Gasaustausch gegeben; bei weiterem Anwachsen desselben tritt heftige Dyspnöe auf, bei welcher übrigens nach den Untersuchungen Pflüger's nicht weniger Kohlensäure weggeht und nicht weniger Sauerstoff eintritt als normal. Sobald auf die Dauer die erzeugte Kohlensäure nicht entfernt wird, tritt Aufstauung derselben im Körper und der Tod ein.

Die gleiche Wirkung wie eine Steigerung des Athemhindernisses bringt auch eine Steigerung der Kohlensäureproduction hervor. Alle Momente, welche eine solche bedingen, werden deshalb bei Leuten, bei denen unter gewöhnlichen Verhältnissen schon das Maximum des Ventilationseffectes geleistet wird, Dyspnöe hervorrufen.

Gesunde vermögen selbst bei sehr vermehrter Kohlensäurebildung die gesammte Kohlensäure zur Ausscheidung zu bringen durch häufigere und tiefere Athembewegungen oder häufigere Herzschläge, besonders leicht und ohne zu grosse Anstrengung, wenn jene Steigerung nicht zu lange Zeit währt. Doch wird es auch hier ein Maximum an Kohlensäure in der Zeiteinheit geben, das nicht überschritten werden darf, wenn die Kohlensäureausscheidung stundenlang ohne Beschwerden stattfinden und nicht Dyspnöe eintreten soll.

Die geringste Kohlensäurebildung findet sich bei schlafenden oder ruhenden nüchternen Menschen. Schon das Stehen oder eine ganz einfache, leichte Beschäftigung bringt eine Steigerung derselben

hervor, vor Allem aber bekanntlich die Aufnahme von Nahrung und die Muskelarbeit. Pettenkofer und Voit fanden bei einem gesunden Manne für 12 Stunden bei Hunger und Ruhe Nachts 316g, Tags 379g, bei reichlichem Essen und Ruhe 596g, bei Hunger und Arbeit 930g Kohlensäure.

Muss nun bei einem Athemhinderniss der Mensch bei Ruhe und im nüchternen Zustande schon nahezu sein Aeusserstes thun, um die Ventilation zu besorgen, dann ist es ihm unmöglich, bei grösseren Mengen der erzeugten Kohlensäure unter dem Einflusse reichlicher Nahrungsaufnahme oder körperlicher Arbeit z. B. Treppensteigen ohne Dyspnöe auszuhalten. Das Maximum der Kohlensäureausscheidung und der Sauerstoffaufnahme ist also bei Gesunden viel grösser als bei Lungenkranken, wenn man auch für gewöhnlich keinen Unterschied in der Grösse des Gasaustausches erkennt.

Bei ausgebreiteter Lungenzerstörung z. B. bei Phthysis haben jedoch die Kranken nicht selten noch einen ungewöhnlich starken Appetit; es muss also dabei, da sie nicht ansetzen, sondern ihr Körpergewicht vielmehr beständig abnimmt, eine beträchtliche Menge von Kohlensäure entfernt werden. Sie vermögen auch noch zu arbeiten, wenigstens will der von mir untersuchte Wiemann trotz weitreichender Verdichtung der rechten Lunge und Cavernensymptomen an der Spitze der linken Lunge noch im Stande sein, meilenweit zu gehen.

Ganz in dem gleichen Sinne, dass bei geringerer Athemfläche durch mancherlei compensirende Veranstaltungen doch die in Folge der unveränderten Thätigkeit der Zellen erzeugte normale Kohlensäuremenge zur Ausscheidung gelangt, sprechen auch frühere, im Laboratorium von Prof. Voit angestellte Versuche, bei denen ebenfalls eine Beeinträchtigung einzelner Factoren des Gasaustausches gegeben war, so z. B. bei der Leukämie, bei Blutentziehungen, bei Vagusdurchschneidung, bei Pneumothorax.

Bei einem an hochgradiger Leukämie leidenden Manne, bei welchem ein grosser Theil der rothen Blutkörperchen durch weisse ersetzt war, haben Pettenkofer und Voit[1]) Bestimmungen des

1) Diese Zeitschrift 1869 Bd. V S. 319.

Gaswechsels angestellt. Man hätte nach den früheren Anschauungen über die Bedeutung des Sauerstoffs voraussetzen sollen, dass derselbe beträchtlich weniger Sauerstoff consumirt, da die Sauerstoffträger in ihrer Zahl so sehr vermindert waren. Bei der gleichen Nahrung und bei Ruhe zeigten aber die Stoffzersetzungen des Kranken keinen Unterschied von denen eines gesunden, kräftigen Mannes; die Aufnahme des Sauerstoffs und die Production der Kohlensäure war darum auch nicht geringer als im normalen Zustande.

Es muss demnach auch hier eine Veranstaltung vorhanden sein, durch welche die geringe Zahl der rothen Blutkörperchen doch die gleiche Fracht an Sauerstoff zu führen im Stande ist, namentlich durch zahlreichere Herzschläge, wodurch die Blutkörperchen öfter an der Lunge vorübergeführt werden; aber auch dadurch, dass bei der geringeren Zahl der rothen Blutkörperchen in der gleichen Zeit jedem in den Geweben mehr Sauerstoff entzogen wird, was dann eine grössere Zufuhr von Sauerstoff zu jedem in der Lunge bedingt, vielleicht unterstützt durch häufigere und tiefere Athemzüge. Das leukämische Blut ist ebenfalls schon in der Ruhe an der Grenze der Leistungsfähigkeit angekommen; der Leukämische kann keine grössere Arbeit verrichten. Der Gesunde hat demnach auch hier eine ungleich grössere Maximalaufnahme von Sauerstoff als der Leukämiker.

Durch Blutentziehungen vermag man ebenfalls die Zahl der rothen Blutkörperchen zu vermindern. Prof. Bauer[1]) hat im Laboratorium von Prof. Voit die Kohlensäureabgabe und die Sauerstoffaufnahme vor und nach Aderlässen beim Hunde untersucht, ebenso Prof. Voit mit Rauber beim Kaninchen. Es fand sich dabei im Allgemeinen alsbald nach dem Aderlasse keine wesentliche Aenderung in dem Gasaustausche, weil die Zellen der übrigen Organe sich zu dieser Zeit auf ihrem ursprünglichen guten Ernährungszustande befinden, noch die nämliche Menge von Stoffen zum Zerfall wie vorher bringen und das gleiche Sauerstoffquantum in Beschlag nehmen. Erst nach einiger Zeit tritt secundär durch die Störung der Ernährung eine geringere Zersetzung stickstofffreier Stoffe im

1) Diese Zeitschrift 1872 Bd. VIII S. 567.

Körper und deshalb eine starke Verminderung des Gaswechsels ein. Später hat Finkler[1]) bei Blutentziehungen bis zu ein Drittheil der gesammten Blutmenge in den nächsten Stunden ebenfalls keine Verminderung des Sauerstoffverbrauchs und wahrscheinlich auch nicht der Kohlensäurebildung wahrgenommen. Auch hier muss in der ersten Zeit wie bei der Leukämie der dem gleichbleibenden Zerfall entsprechende Sauerstoffconsum ermöglicht werden. Nach Leichtenstern's[2]) Beobachtungen sinkt nach einem Aderlasse anfangs die Athemgrösse etwas, steigt aber dann wieder an, um erst bei fortgesetzten Blutentziehungen allmählich abzusinken.

Nach Durchschneidung der Nervi vagi am Halse ist in der ersten Zeit nach der Operation trotz der grossen Aenderung im Athemrhythmus doch das geathmete Luftvolum das gleiche wie normal, indem durch grössere Tiefe der Athemzüge das eingebracht wird, was durch die geringere Frequenz verloren geht. Es ist klar, dass dabei auch keine Störung in der Ventilation zu Stande kommen kann, was auch durch die von Rauber[3]) im Laboratorium von Prof. Voit unternommenen Versuche bestätiget worden ist. Schon im Jahre 1867 hatte Bethke mit dem kleinen Respirationsapparate fünf Bestimmungen der Kohlensäure an einem Kaninchen von 964ᵍ Körpergewicht vor und nach Durchschneidung der Nervi vagi gemacht; jeder Einzelversuch währte 2 Stunden und ergab:

Datum	Kohlensäure in 1 Stunde	Abnahme des Körpergewichts	Bemerkungen
August			
2.	0,995	1,15	normal
4.	1,057	0,95	normal
5.	1,046	1,25	direct nach Vagustrennung
5.	0,822	0,85	4 Stunden nach Vagustrennung
5.	0,628	0,24	6 „ „ „

Rauber hat an drei Kaninchen derartige Versuche, von denen jeder 2 Stunden währte, unternommen und auf 1 Stunde berechnet folgende Zahlen erhalten:

1) Pflüger's Arch. 1875 Bd. X S. 252 u. 368.
2) Diese Zeitschrift 1871 Bd. VII S. 197.
3) Sitz.-Ber. d. k. b. Akad. d. Wiss. 1868 Bd. II S. 104.

	Körper-gewicht	Kohlen-säure	Wasser	Sauer-stoff	Bemerkungen
I.	1195	1,167	—	—	normal
	1216	1,177	1,136	1,313	normal
	1221	1,314	1,777	1,091	normal
	1213	1,281	1,758	1,089	gleich nach Vagustrennung
	1161	1,174	—	—	3 Stdn. nach Vagustrennung
	1128	1,124	1,994	1,143	24 „ „ „
II.	1279	1,427	1,687	0,914	normal
	1220	1,359	1,340	1,099	normal
	1214	1,441	1,345	0,985	gleich nach Vagustrennung
	1208	1,486	—	—	8 Stdn. nach Vagustrennung
III.	907	0,975	1,083	0,658	normal, direct vor Vagustrennung
	903	0,888	0,826	0,644	gleich nach Vagustrennung
	810	0,528	—	—	24 Stdn. nach Vagustrennung, sterbend

Darnach ist also, wie vorausgesetzt, in den ersten Stunden nach der Durchschneidung der Nervi vagi der Gasaustausch nicht geändert; der letztere wird erst beeinträchtiget, wenn in Folge der Veränderungen im Lungengewebe in Bälde der Tod eintritt.

Eine sehr starke und plötzliche Verkleinerung der athmenden Fläche wird gesetzt, wenn man durch eine Oeffnung in einen Intercostalraum einen Pneumothorax hervorbringt, so dass die eine Lunge vollständig zusammenfällt. Leichtenstern hat dabei bei kräftigen Kaninchen zwar eine grössere Frequenz der Athemzüge beobachtet, aber ein geringeres Gesammtvolum der geathmeten Luft.

Rauber hat in drei Fällen vor und nach Anlegung eines Pneumothorax bei Kaninchen den Gasaustausch untersucht und für 1 Stunde nachstehende Werthe gefunden:

	Körper-gewicht	Kohlen-säure	Wasser	Sauer-stoff	Bemerkungen
I.	1262	1,196	1,013	1,009	normal
	1259	1,099	1,130	0,754	gleich nach Anlegung des Pneumothorax
II.	795	1,053	0,749	0,802	normal, direct vor Anlegung des Pneumothorax
	776	0,566	0,997	0,412	gleich nach Anlegung des Pneumothorax, Tod im Apparat nach 100 Min.
III.	1588	1,363	1,508	0,992	normal
	1584	1,518	1,247	1,065	normal, direct vor Anlegung des Pneumothorax
	1581	1,253	—	—	gleich nach Anlegung des Pneumothorax, nach 77 Min. heftige Dyspnöe
	1517	1,389	1,127	1,016	Erneuerung des Pneumothorax

Erträgt das Thier die plötzliche Ausschliessung einer Lunge, dann wird die Ventilation nur wenig verringert; sie sinkt dagegen stark ab, wenn Dyspnöe und Erstickung eintritt.

Somit ist also für die verschiedensten Fälle dargethan, dass, wenn einer der bei der Ventilation des Körpers betheiligten Factoren in seiner Wirksamkeit beeinträchtiget ist, dies keinen Einfluss auf die Erzeugung der sauerstoffhaltigen Zersetzungsproducte und deren Entfernung durch die Lunge ausübt. Der Stoffzerfall in den Geweben geschieht eben nicht direct durch den Sauerstoff, sondern ist von anderen Bedingungen in den Zellen abhängig; der Sauerstoff wird erst secundär nach Maassgabe der Zerstörung aufgenommen. Durch alle jene Störungen des Gaswechsels wird aber, bis zu einer gewissen Grenze, die stoffliche Thätigkeit der Zellen nicht verändert. Es müssen daher allerlei Einrichtungen bestehen, durch welche trotz der geringeren Leistungsfähigkeit des einen oder anderen bei der Lüftung thätigen Factors Compensationen eintreten, in Folge deren dann die zur Verbrennung der Zerfallproducte nöthige Sauerstoffmenge zugeführt und die erzeugte Kohlensäure ausgeschieden werden kann.